Die mangelhafte Erregbarkeit der Netzhaut für Licht von abnormer Einfallsrichtung.

Von Prof. **Sigm. Exner,**

Assistenten am physiologischen Institute in Wien.

Unter den verschiedenen Methoden, sich die Verzweigungen der eigenen Netzhautgefässe sichtbar zu machen,[1] sind die folgenden zwei von Purkinje zuerst angewendeten die bekanntesten und durch die Leichtigkeit ausgezeichnet, mit welcher sie auch dem Ungeübten das Phänomen zur Anschauung bringen.

---

[1] Purkinje: Beiträge zur Kenntniss des Sehens, 1819, und Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne. Berlin, 1825.

Gudden. Müller's Archiv 1849.

H. Müller: Würzburger medic.-physikal. Gesellschaft. Bd. V.

Sigm. Exner: Pflüger's Arch. f. d. g. Physiologie. Bd. I, p. 378. Nach einer von den in letzterer Abhandlung angegebenen Arten, die Aderfigur sichtbar zu machen, hat später auch Hermann (Grundriss der Physiologie 1874, pag. 366) und Fick (Hermann's Handbuch der Physiologie. Bd. III. 1, pag. 125) dieselbe beobachtet. Ich sehe aber jetzt, dass schon früher Gudden (l. c.) dieselbe Beobachtung gemacht hat. Es handelt sich darum, dass man beim Aufschlagen der ausgeruhten Augen, am besten des Morgens beim Erwachen, die Aderfigur dunkel auf hellem Grunde sieht. Als Erklärung hiefür möchte ich dasselbe Princip annehmen, das mir auch das Auftreten mancher anderer subjectiven Erscheinung (Löwe'scher Ring, Foveafigur) in dem obigen Falle, sowie bei Einwirkung intermittirenden Lichtes verständlich zu machen scheint: Das Sensorium unterdrückt nämlich Helligkeits- und Farbenunterschiede im Sehfeld, sobald es Gelegenheit hat, sich (z. B. durch Augenbewegungen) von ihrer Subjectivität zu überzeugen. Diese Gelegenheit fehlt im ersten Momente des Augenaufschlagens und in gewissem Grade auch bei Zitterlicht. Desshalb erscheinen Nachbilder gut nur bei starrem Fixiren und verschwinden bei Augenbewegungen u. dgl. m.

Die erste besteht darin, dass man im sonst dunkel gehaltenen Raume eine Lichtquelle (Kerzenflamme) in den seitlichen Theilen des Sehfeldes hin und her bewegt. Die bekannte, von H. Müller (l. c.) gegebene Erklärung der Erscheinung geht dahin, dass von der Lichtquelle auf einem seitlichen Theile der Netzhaut ein Bild entworfen wird, das, indem es selbst als Lichtquelle fungirt, zu Schatten Veranlassung gibt, welche die Gefässe der Netzhaut auf die hinter ihnen liegende empfindliche Schichte derselben entwerfen.

Die Bewegung der Lichtquelle bewirkt eine Verschiebung der Schatten, und erhöht dadurch die Augenfälligkeit der Erscheinung.

Die zweite Methode besteht darin, dass man die schattenentwerfende Lichtquelle an einer seitlichen Netzhautstelle dadurch zu Stande bringt, dass man den Brennpunkt einer Sammellinse auf die Sclerotica seines Auges fallen lässt. Es dringt durch Sclera und Choreoidea zerstreutes Licht, in genügender Intensität, um in derselben Weise als schattenentwerfende Lichtquelle im Inneren des Auges zu dienen, wie im ersten Falle das regelrecht entworfene Netzhautbild. Auch hier erhöhen Verschiebungen des Brennpunktes auf der Sclerotica die Deutlichkeit der Erscheinung.

Es fiel mir nun auf, dass man bei Anstellung des Versuches nach der zweiten Methode von dem durch die Sclera und Choreoidea hindurch auf die Netzhaut eindringenden Lichte wenigstens auf den ersten Blick nichts sieht. Man hätte erwarten sollen, dass, wenn auch in dem der belichteten Stelle entsprechenden Theile des Sehfeldes kein scharfbegrenztes Bild auftritt, doch eine diffuse und in ihrer Intensität der Deutlichkeit der Schatten entsprechende, also sehr lebhafte Gesichtserscheinung sichtbar werde.

Ich gab nun dem Versuche folgende Form: In einem Dunkelzimmer wurde bei schläfenwärts gerichteter Blicklinie nach der ersten Methode die Aderfigur des rechten Auges sichtbar gemacht und auf einen schwarzen Schirm oder die schwarze Wand projicirt. Als Lichtquelle diente die Flamme einer Stearinkerze. Sie wurde nach auf- und abwärts bewegt und bekam eine solche Stellung, dass sie, auf die Wand projicirt, ebenso weit nach rechts vom Fixationspunkte erschien als der Sehnerveneintritt, der ja

mit der Gefässfigur zugleich kenntlich wird, links von demselben zu liegen kam. Ich beachtete die Helligkeit, in welcher mir die Kerzenflamme und der röthliche Grund des Phänomens erschien, sowie die Deutlichkeit, mit welcher die Gefässe sich von dem Grund abhoben.

Dann wurde die Aderfigur nach der zweiten Methode hervorgerufen. Das Auge blickte dabei nach innen, und ein Gehilfe warf den Brennpunkt einer Convexlinse auf einen weit nach hinten gelegenen, im äusseren Augenwinkel zugänglichen Theil der Sclerotica ihn auf- und abwärts bewegend. Als Lichtquelle diente der an einer beschränkten Stelle in intensives Glühen versetzte Kalkcylinder einer Dubosque'schen Lampe (die mit Sauerstoff und Leuchtgas gespeist wurde). Der Stelle des Brennpunktes entsprechend sah ich nun in der Gegend des Nasenrückens eine überaus schwache Lichterscheinung, welche sich — natürlich umgekehrt gegen die wahre Bewegung des Brennpunktes — auf- und abwärts verschob und sich durch eine eigenthümliche bläuliche Farbe auszeichnete. Es wurde nun wieder der Brennpunkt so gegen die Blicklinie verschoben, dass dieses bläuliche Bildchen ebensoweit nasenwärts von dem Fixationspunkt lag, als der Sehnerveneintritt schläfenwärts, und abermals der Deutlichkeit des ganzen Phänomens die Aufmerksamkeit zugewendet.

Die Differenz gegen das Resultat des ersten Versuches ist eine überaus auffallende. Das ganze Sehfeld ist mit demselben röthlichen Lichte, aber von weit höherer Intensität übergossen, die Aderfigur bis in die feinsten Verzweigungen sichtbar, und von ungleich grösserer Deutlichkeit wie bei der ersten Versuchsanordnung. An der Stelle aber, an welcher im ersten Falle sich die deutlich sichtbare Kerzenflamme bewegt, und wo man nun entsprechend der grossen Intensität des Kalklichtes, eine intensive Flammenerscheinung zu sehen erwartet, gewahrt man erst nach einiger Mühe jenes bläuliche, wenn es besonders intensiv ist, bis ins Weissliche gehende Bildchen. Und doch tritt hier eine grosse Quantität Licht durch Sclerotica und Choreoidea hindurch, so dass diese Stelle, wenn man sie von Aussen betrachten könnte, unvergleichlich viel heller erscheinen müsste, als das Bildchen der Kerzenflamme bei der ersten Versuchsanordnung erschiene. Schon die Intensität des den Augenhinter-

grund erleuchtenden Lichtes beweist dies, doch habe ich, um mir eine Anschauung von der Quantität des die Sclerotica und Choreoidea durchdringenden Lichtes zu verschaffen, noch folgenden Weg eingeschlagen. In ein Leichenauge von ähnlichem Pigmentgehalt wie mein Auge ist, schnitt ich ein Fenster, verhinderte das Ausrinnen des Glaskörpers dadurch, dass das Auge in ein passendes Glasgefäss gelegt wurde, und nun entwarf ich analog dem Versuche am lebenden den Brennpunkt aussen auf die Sclera. Wie zu erwarten war, schimmert derselbe in rothem Lichte (entsprechend dem braunen Pigment) in den Augenhintergrund hinein und zwar mit einer sehr bedeutenden Helligkeit. Man kann in seinem Bereiche und seiner nächsten Umgebung ohne Weiteres die grösseren Choreoidealgefässe sehen.

Ich weiss für die geschilderten Thatsachen keine andere Deutung als die folgende:

Die Netzhaut ist für Licht, welches sie in der Richtung von der Choreoidea nach dem Glaskörper durchsetzt, entweder ganz unempfindlich, oder doch sehr erheblich weniger empfindlich als für Licht, welches sie in der normalen Weise vom Glaskörper nach der Choreoidea durchdringt.

Ich sage: „entweder ganz unempfindlich", denn wenn man jene bläuliche unbedeutende Lichterscheinung sieht, so kommt man unwillkürlich auf den Gedanken, dass sie ihre Entstehung einer secundären Wirkung verdankt. Es könnte z. B. in der Retina selbst von der grossen Menge des eindringenden Lichtes ein Theil reflectirt werden und dieser dadurch die zur Perception benöthigte Richtung nach der Choreoidea erhalten, oder es kann sich geradezu um eine nicht durch Licht als solches erzeugte Erregung handeln, sondern z. B. um eine thermische Netzhautreizung, für welche bei der grossen Menge des einfallenden Lichtes und bei der Anwesenheit des Choreoidealpigmentes die Gelegenheit wohl vorhanden wäre, oder dergl.

Ich habe diese letztere Deutung deshalb nicht unterdrücken wollen, weil die bläuliche Farbe der fraglichen Erscheinung, die sich bei den stärksten Erregungen nur bis in ein Gelblichweiss steigern lässt, vollkommen mit dem subjectiven Netzhautlicht übereinstimmt, das man bei den verschiedensten fremdartigen

Netzhautreizen (Elektricität, Druck etc.) zu sehen bekommt. Erwähnen will ich noch, dass die Netzhautstelle, um die es sich hier handelt, noch nicht im Bereiche der peripheren Farbenblindheit liegt; ich habe mich überzeugt, dass ich mit derselben eine Kerzenflamme durch ein rothes Glas noch roth sehe.

In zweifacher Beziehung steht das vorgetragene Experiment und seine Deutung — wenn man dies eine Deutung und nicht vielmehr den Ausdruck der Thatsache nennen will — im Widerspruch mit uns geläufigen Vorstellungen aus dem Gebiete der physiologischen Optik. Erstens nämlich sind wir seit Brücke's bekannten Untersuchungen[1] gewohnt, uns das Tapetum als einen reflectirenden Apparat vorzustellen, welcher jene Thiere, deren Augen mit demselben versehen sind, befähigt, bei geringeren Lichtstärken noch verhältnissmässig deutlich zu sehen, indem das Licht erst in gewöhnlicher Weise und dann ein zweites Mal als reflectirtes Licht, also in der umgekehrten Richtung durch die Netzhaut hindurchgeht. Ich glaube nicht, dass man jetzt gedrängt ist, diese gewiss höchst plausible Auffassung des Tapetums fallen zu lassen. Es kann ja die Empfindlichkeit der Netzhaut in Bezug auf die Richtung des Lichtes eine sehr verschiedene bei verschiedenen Thieren sein, sie kann vor Allem da, wo das gewöhnliche Choreoidealpigment fehlt, wie das bei jenen Nachtthieren an den Stellen des Tapetums der Fall ist, eine ganz andere sein als beim Menschen.

Zweitens haben Kühne und Steiner[2] gezeigt, dass das elektromotorische Verhalten der Froschnetzhaut „vollkommen identisch" ist, sei es dass man dieselbe von Vorne, sei es dass man die Rückseite beleuchtet.

Da wir aus guten Gründen in den Schwankungen der Nervenströme ein Bild functioneller Veränderungen der Nerven sehen, so könnte man dieses als Beweis auffassen, dass wenigstens die Retina des Frosches auch von der Choreoidealseite aus erregbar ist. Ich glaube aber doch, dass man Kühne's und Steiner's Resultat auch anders deuten kann. Die beiden Autoren

---

[1] Müller's Arch. 1844 pag. 448.

[2] Untersuchungen a. d. phys. Institute d. Univ. Heidelberg 1880. III. Über das elektromotorische Verhalten d. Netzhaut. pag 366.

machen nämlich selbst bei einer anderen Gelegenheit[1] darauf aufmerksam, dass die Unterlage, auf welcher die Netzhaut lag, Licht, das durch dieselbe hindurchgegangen ist, erhält und zerstreut. Es kann also auf diese Weise ganz wohl, trotz der Belichtung von der Stäbchenseite aus, Licht als Reiz dienen, welches in der entgegengesetzten Richtung in die Netzhaut eindringt, und es ist dies umsoweniger ausgeschlossen, als Kühne und Steiner angeben: „dass (je nach der Richtung des einfallenden Lichtes) quantitativ ein Unterschied vorhanden ist, haben wir bisher nicht festgestellt“.

Eine Erklärung für die vorgetragene Eigenthümlichkeit der Netzhaut zu geben, bin ich nicht im Stande. Man kann daran denken, dass dieselbe auf der Functionsweise der Netzhaut im engeren Sinne, also auf der Art beruht, wie in der lichtempfindlichen Schichte die Energie der Ätherbewegung in die der Nervenerregung umgesetzt wird; man kann aber auch daran denken, dass die dioptrischen und katoptrischen Eigenschaften des Choreoidealpigmentes und seiner in die äusserste Netzhautschichte eindringenden Fäden, oder dass die optischen Eigenschaften der Zapfen, und speciell ihrer Aussenglieder es dem von der Choreoidealseite kommenden Lichte überhaupt unmöglich machen, den lichtempfindlichen Theil eines Netzhautzapfens zu erreichen. Es würde das eine Einrichtung darstellen, welche das in der Choreoidea und Sclera zerstreute Licht, insoferne es den Weg nach der Retina einschlägt, um die erregbaren Theile gleichsam herumführte, und dadurch zur besseren Distinction der durch das normale Netzhautbild hervorgerufenen Empfindungen beitrüge.

---

[1] pag. 370.